

三層垂直媒体の高S/N化および記録信号の安定性

High SN ratio and signal-stability in triple layer perpendicular media

西原 敏和、 安藤 敏男
日本ビクター (株) 中央研究所

Toshikazu Nishihara, Toshio Ando
Central R&D center, JVC

Abstract- SNR and signal-stability in CoCrTa/CoZrNb/CoSm triple-layer perpendicular media have been studied. Low medium noise was obtained by (1) uniformity of the magnetic direction in the CoZrNb layer exchange coupled with the CoSm layer and (2) optimal saturation magnetization and thickness of the CoCrTa perpendicular layer.

Recorded signals were stable under the conditions of RT·15hours and 60°C·5hs. Stray field didn't cause any decay of signals for the medium with a 600nm-thick CoZrNb layer.

1. はじめに

単磁極ヘッド・二層膜媒体を用いた垂直磁気記録はヘッド磁界の急峻さ、トラック渗みの少なさ⁽¹⁾などから理想的な磁気記録方式として期待されている⁽²⁾。

一方この系は古くから下地層からのノイズ⁽³⁾の問題が存在し最近では書き込まれた信号の不安定性も指摘されている⁽⁴⁾。

我々はかねてから垂直媒体の低ノイズ化や信号の安定性について研究してきた^{(5)~(9)}。その結果媒体軟磁性層の下地として面内ハード層を

設ける事が低ノイズ化や浮遊磁界に対する安定性が良くなることを見出し報告してきた^{(7) (8)}。

本報告ではこれまで行ってきた低ノイズ化の研究を新たな知見を入れながらまとめ更に三層垂直媒体の情報の安定性についても報告する。

2. 高S/N化

軟磁性下地層を設けた二層膜垂直媒体の場合ノイズの起源は下地層と磁気記録層の双方にある。以下それぞれについてノイズ低減を検討した結果について述べる。媒体各層はDCマグネトロン方式により3.5インチガラスディスク基板へ成膜した。電気特性測定に用いたヘッドはト

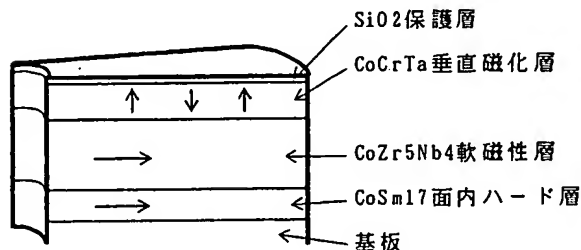


図1 三層垂直媒体構造

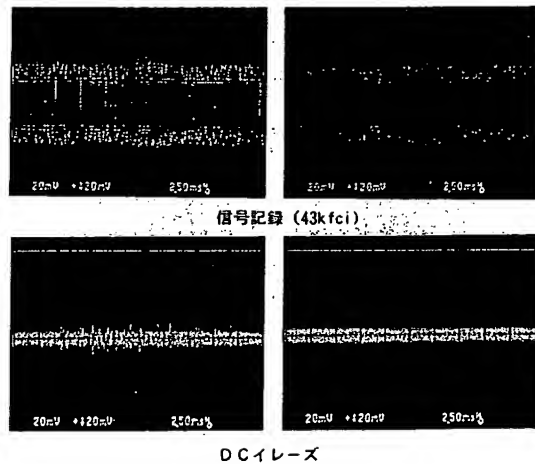


図2 下地層からのスパイクノイズ(左)とスパイクノイズが除去された状態(右)

ラック幅 $7\mu\text{m}$ 、ボール厚 $0.3\mu\text{m}$ 、巻線数40ターンのCoZrNb薄膜単磁極ヘッドである。

2. 1 下地層

下地層からのノイズはスパイク状であり下地の磁壁から発生していると考えられる⁽³⁾。これを軽減するためには軟磁性膜の困難軸をヘッド走行方向にそろえることや、 μ を大きくし均一化をはかることなどが提言されていた⁽¹⁰⁾。

我々はこの観点から比較的異方性制御のしやすいCoZrNb膜を二層媒体下地層として用いることを試みた⁽⁵⁾。また図1に示す様にCoZrNb層の更に下地層としてCoSm面内ハード層を設けた⁽⁷⁾。

CoZrNbターゲットは円形ターゲットを用い設置されたマグネットの磁界中心とディスクの中心を一致させ、CoZrNbの磁化容易軸をディスク径方向へ配向させた。結晶構造はアモルファスである。またCoSm面内ハード層は成膜後別途外部磁界を加えディスク径方向へ磁化した。CoSmとCoZrNbは磁氣的に交換結合しておりCoSmはCoZrNbを径の一方方向へ磁化する役割を担っている。この方法による下地層からのノイズの低減効果は著しい。図2に典型的な下地層からのスパイクノイズとこのノイズが除去されたエンベロップ写真を示す。図3にはスパイクノイズが発生したパーマロイを下地に用いた媒体と比較してノイズスペクトラムを示す。

2. 2 記録層

垂直磁気記録層はCoCrTaとし膜厚、磁化とノイズとの関係を調べた⁽⁹⁾。

垂直記録層からのノイズは記録ビット内部の磁氣的なゆらぎが主な原因である⁽¹¹⁾。この揺らぎを軽減する為には記録層の飽和磁化 M_s を小さくしてビット内部各粒子間の静磁気結合力を弱める⁽¹²⁾ことや若干粒子間交換結合力を強める⁽¹²⁾⁽¹³⁾ことが有効と考えている。

実験は三層垂直媒体のCoSm層の膜厚を 150nm 、 $H_c \sim 2500\text{e}$ 、CoZrNb層膜厚 600nm に設定しCoCrTa垂直層の膜厚を $30 \sim 100\text{nm}$ 、 M_s を $280 \sim 700\text{emu/cc}$ の範囲で変化させノイズ、 S/N を調べた。 M_s の大きさはCr組成比を変化させる事により調整した。但し成膜時に他の条件は特にコントロールしなかった為に H_c (\perp)は $1700 \sim 30000\text{e}$ の範囲で比較的大きく変化している。

図4は43kfciを記録した場合のノイズの膜厚

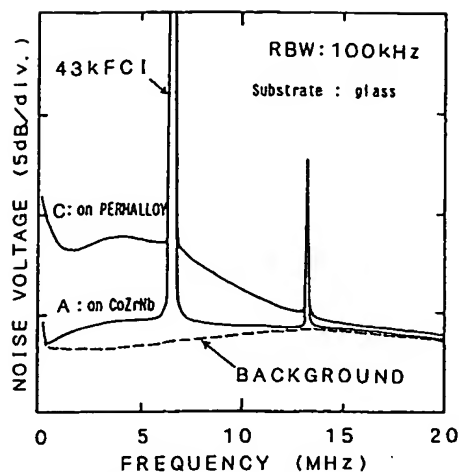


図3 下地層によるノイズスペクトルの相違

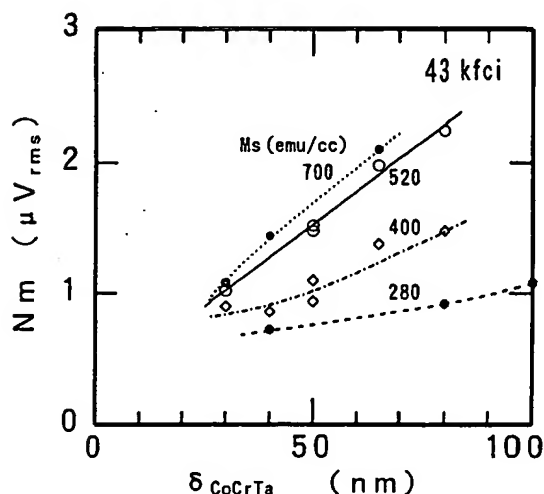


図4 ノイズの M_s 、 δ 依存性

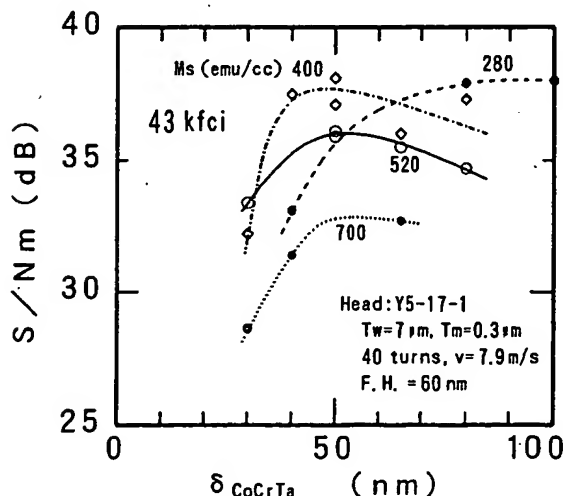


図5 S/N の M_s 、 δ 依存性

および M_s 依存性を示す。明らかに膜厚が薄く M_s が小さいほどノイズが低減している。図5は S/N の膜厚、 M_s 依存性を示す。 $M_s=280\text{emu/cc}$ の場合 H_c が小さく($\sim 17000\text{e}$)他と比較して出力が小さかった為 S/N は比較的小さな値となった。膜厚が 100nm 付近で $M_s=400\text{emu/cc}$ の媒体と同等であるがここに示した 43kfci より高密度な領域では S/N は劣化した。他はノイズの小さい順に良好な S/N を示した。膜厚は $40\sim 50\text{nm}$ の場合が最も S/N が良く 30nm の場合は S/N は小さくなった。

図6には種々の膜厚のSEM像を示す。膜厚が厚い程粒子径は大きくなっている。

図7には M_s を変化させた場合の3次元シミュレーションによる4ビット記録の媒体磁化パターンを示す⁽¹²⁾。計算条件は(a)の方が(b)よりも1.6倍 M_s を大きくしてある。 M_s の大きい(a)の方がビット内部の逆方向モーメントの個数は多くビットの境界も不鮮明になっている。

以上の実験及び解析より①薄膜化による粒子の微細化と②低 M_s 化によるビット内逆方向モーメント数を減らす事が低ノイズ化に極めて有効と考える。

3. 記録信号の安定性

記録の高密度化に伴い粒子サイズが微細化し熱磁気緩和現象が懸念されている。垂直磁気記録媒体は面内媒体に比較し厚膜で高記録密度が達成出来る点で有利と考えられる。しかし二層膜垂直媒体で外部浮遊磁界に対する記録信号の不安定さや常温における緩和現象も報告されている⁽⁴⁾。そこで三層垂直媒体についてこの問題に関する検討を加えた。

3.1 外部浮遊磁界

外部磁界に対する信号の安定性を実験的に調べた。実験はヘルムホルツコイルで $0\sim 700\text{e}$ の磁界を発生させその中でディスクを5分間回転させその前後の 43kfci の信号出力の変化を調べた。検討に用いた媒体の特性を表1に示す。

既に報告しているように CoZrNb を下地とする垂直媒体はそのままでは地磁気程度の磁界内でも容易に減磁を起こす⁽⁶⁾。これは CoZrNb の磁化容易軸方向の H_c が 0.10e 以下と小さい事に起因している。即ち小さい磁界内でも容易に磁壁移動

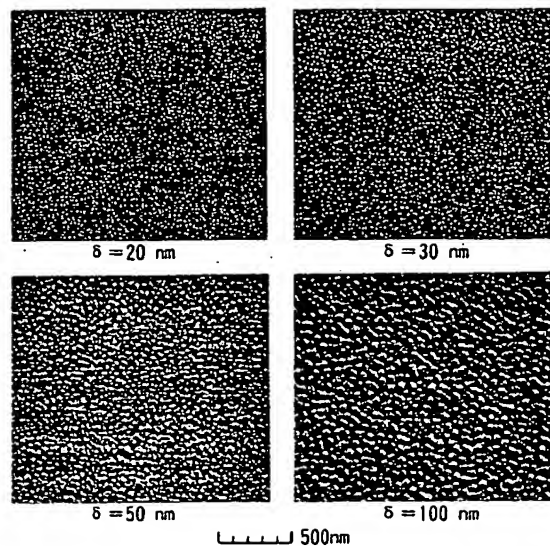


図6 CoCrTa垂直層表面SEM像

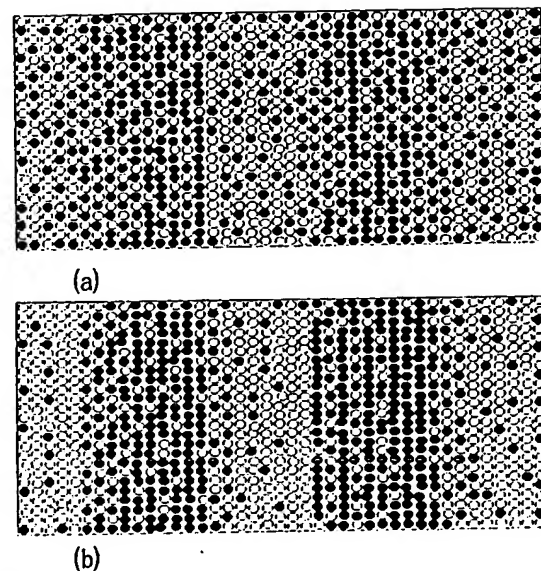


図7 シミュレーションによる磁化パターン
(a)の磁化を(b)より1.6倍大きく設定。
 K_u も大きく設定し H_c を同等とした。

表1 媒体特性

	組成	垂直層			CoZrNb	CoSm
		M_s emu/cc	δ nm	H_c Oe	δ nm	δ nm
#1	CoCr22	470	50	2200	600	150
#2	CoCr20Ta3.5	400	50	2400	300	100
#3	CoCr20Ta3.5	400	50	2400	200	100

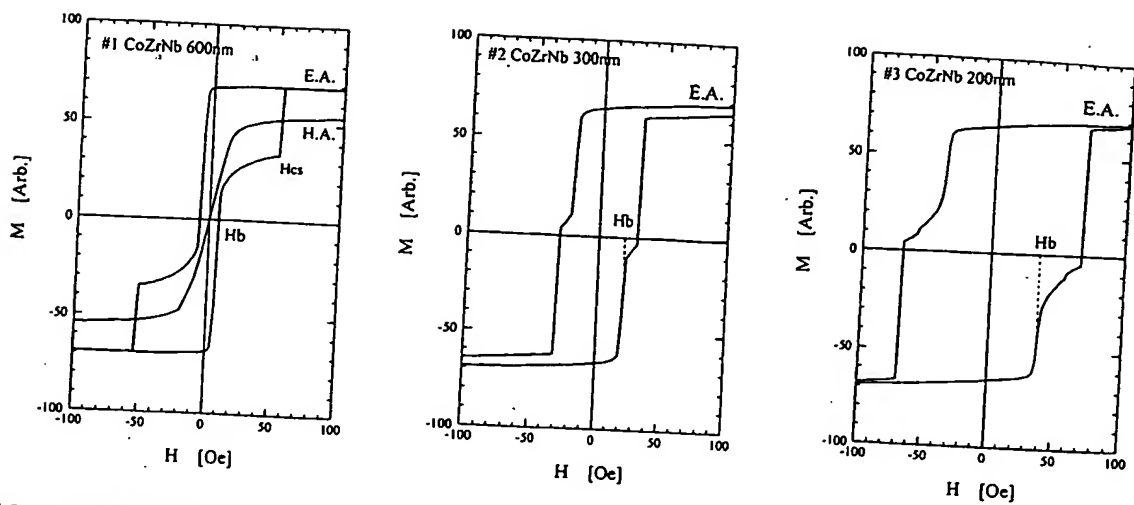


図8 CoZrNb/CoSm層ヒステリシスループ

左より CoZrNb=600, 300, 200 nm。磁化Mは同じ大きさに表示した。H b (b=bias)はCoZrNb層の磁化反転磁界。下地CoSmとの交換結合により反転磁界にbiasがかかり大きくなっている。

を誘発し磁壁からの漏れ磁界で記録層の減磁が生じる。三層垂直媒体のCoSm面内ハード層はCoZrNbの磁化を一方向に向けるだけではなく、交換結合することにより大きな異方性を与えCoZrNb磁化容易軸方向の反転磁界を大きくする効果も有している。図8は実験に用いた三種類の媒体のCoZrNb/CoSm層のBHループである。CoZrNbの膜厚が 600, 300, 200nmと薄くなるに従い図中示したCoZrNbの反転磁界Hbは大きくなる。これは膜厚が薄い方が静磁エネルギーが小さくなり交換結合による異方性の効果が支配的になるからと解釈している。この媒体をヘルムホルツコイル内の磁界に入れた場合の出力変化を図9に示す。文献(4)で報告されているような50e以下での信号に対する影響は全く無い。しかしCoZrNb膜厚が300, 200nmの媒体はHbに相当する磁界で最も大きな減磁が引き起こされる現象が見られた。一方Hb~70eの膜厚600nmの媒体は減磁は見られなかった。これはCoZrNb膜厚が200から300, 600nmと厚くなるに従い減磁が小さくなっていることと関係していると考えている。即ち磁壁内の磁化変化がより微少になり外部に漏れ磁束が出てこない等が考えられるが詳細は今後検討していかなければならない。

なお印加磁界がHbより大きい場合減磁は小さくなるがこれは軟磁性層の磁化が印加磁界方向に一樣磁化されるようになり磁壁数が減少していくからと考えている。

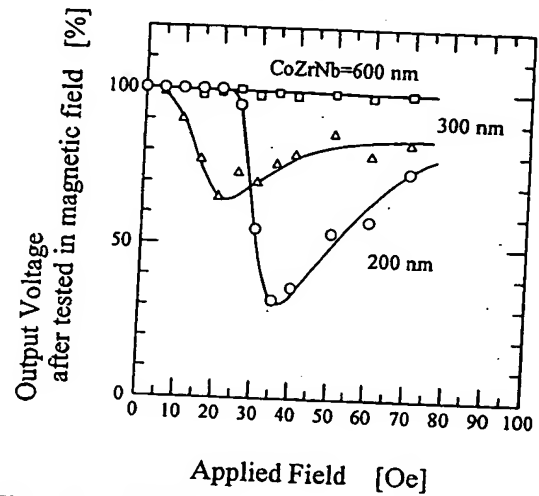


図9 外部磁界印加による出力変化

印加前の出力を100とし印加後の値を%表示した。

3. 2 熱緩和

熱緩和現象は文献(4)を参考に媒体に43kfcの信号を記録した後常温で15時間放置し前後の信号出力の変化を調べた。使用した媒体は上記3. 1のCoZrNb=600nm (サンプル#1)のものである。また更にW白熱球を用いて記録トラックの一部を5時間加熱し冷却後出力変化を調べた。媒体の温度は赤外線温度センサーで60℃であった。図10に加熱した場合の加熱前後のエンベロープ写真を示すが出力変化は見られなかった。常温15時間放置の場合も同様に出力変化は全く見られなかった。

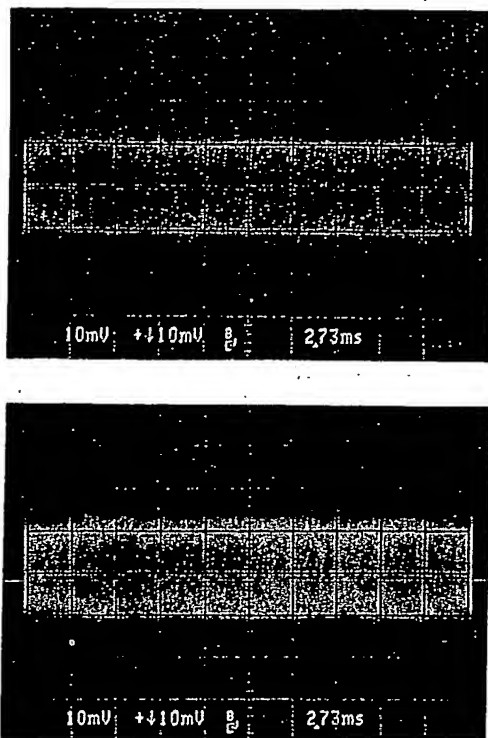


図10 60°C 5時間加熱前 (上) 後 (下) のエンベロープ写真

ここで使用した媒体では熱緩和現象の指標となる KuV/kT は常温時約1500と見積もられる。ここで Ku は実効的に $M_s \cdot H_k/2$ から求め $0.9 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ とし V は $40 \text{ nm} \phi \times 50 \text{ nmh}$ とした。この数値は比較的大きく⁽¹⁴⁾ この媒体で熱緩和現象を可視化するには更に高い温度かもしくは長い時間が必要である。

4. 結論

軟磁性下地層を有する垂直媒体において媒体ノイズと記録信号の安定性について調べた。

面内ハード層を有する3層構造の垂直媒体は軟磁性下地の磁化方向が一方向に配向し磁壁が存在しないことから軟磁性層からのノイズが著しく低減している。

垂直層は最適な媒体膜厚、磁化を設定することにより低ノイズ化が図れる。媒体膜厚を薄膜化することにより粒子の微細化が促進しノイズが低減する。また M_s を小さくすることにより静磁気結合力が弱まりビット内部の逆モーメント粒子の個数が少なくなりノイズが低減する。

また面内ハード層はCoZrNb下地と交換結合し

CoZrNbの磁化反転磁界を大きくしている。その結果外部浮遊磁界に対しても抵抗力が増加する。

一部文献(4)で常温における記録媒体放置で信号の減磁が報告されているが検討した三層垂直媒体では減磁は観察されなかった。

三層垂直媒体は低ノイズで情報の安定性も高く将来の高密度記録媒体として大いに期待される。

5. 謝辞

単磁極ヘッドは当社(中研)柳生慎吾氏に開発作製して頂きました。感謝致します。

日頃ご指導頂く東北大学通研 中村教授、村岡助教授、当社高橋室長に深く感謝致します。

参考文献

- (1) S. Iwasaki, Y. Nakamura, S. Yamamoto and K. Yamakawa IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-19 No. 5 (1983)
- (2) Y. Nakamura J. Magn. Soc. Japan, 15 Suppl. S 2 (1991)
- (3) 大内、赤尾、岩崎 信学技報 MR84-6 (1984)
- (4) W. Cain, A. Payne, M. Baldwinson and R. Hempsstead IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-32 No. 1 (1996)
- (5) T. Ando and T. Nishihara J. Magn. Soc. Japan, 15 Suppl. S2 (1991)
- (6) 安藤、西原 第16回日本応用磁気学会学術講演概要集 (1992)
- (7) T. Ando and T. Nishihara J. Magn. Soc. Japan, 18 Suppl. S1 (1994)
- (8) T. Ando and T. Nishihara IEICE Trans. Electron. Vol. E78-C, No. 11 (1995)
- (9) 安藤、西原 第20回日本応用磁気学会学術講演概要集 (1996)
- (10) 沼澤、米田、中川 第8回日本応用磁気学会学術講演概要集 (1984)
- (11) 二本 信学技報 MR94-81 (1995)
- (12) 西原、安部、安藤、水上、瀬川 第19回日本応用磁気学会学術講演概要集 (1995)
- (13) 清水、中村 第20回日本応用磁気学会学術講演概要集 (1996)
- (14) 山中、山本、稲葉、二本、上坂、五十嵐、信学技報 MR96-4 (1996)